

INTENZÍV ÁPOLÁS SORÁN A VÉRCUKORSZINT SZABÁLYOZÁSÁRA ALKALMAZOTT STAR PROTOKOLL HATÉKONYSÁGÁNAK ELEMZÉSE KÜLÖNBÖZŐ KÓRHÁZAKBAN

Benyó Balázs*, Homlok József*, Illyés Attila, Havas Attila**,
Szabó Némedi Noémi**, Liam Fisk***, Geoffrey M. Shaw***,
Prof. Geoff Chase*****

***Irányítástechnika és Informatika Tanszék
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem**

****Központi Aneszteziológiai és Intenzív Betegellátó Osztály,
Pándy Kálmán Megyei Kórház**

*****Department of Mechanical Engineering,
University of Canterbury, Christchurch, New Zealand**

Szoros vércukor szabályozás

- Cél: a betegek vércukorszintjének normoglikémiás tartományban tartása

Hypoglycaemia – hyperglycaemia

- Különböző mértékben és időtávon, de mindkettő negatív következményekkel jár

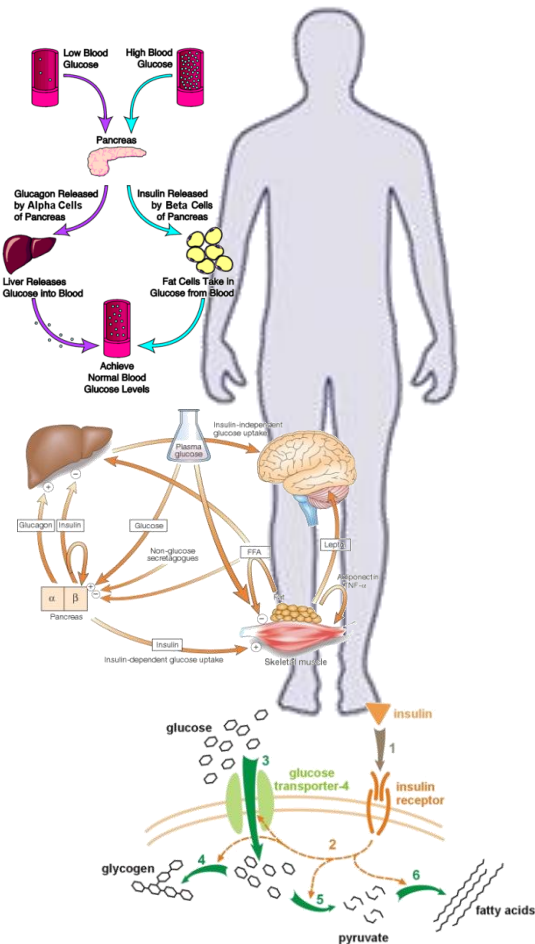
STAR

- rugalmas, modell alapú terápiás módszer
- vércukorszint szabályozási protokoll



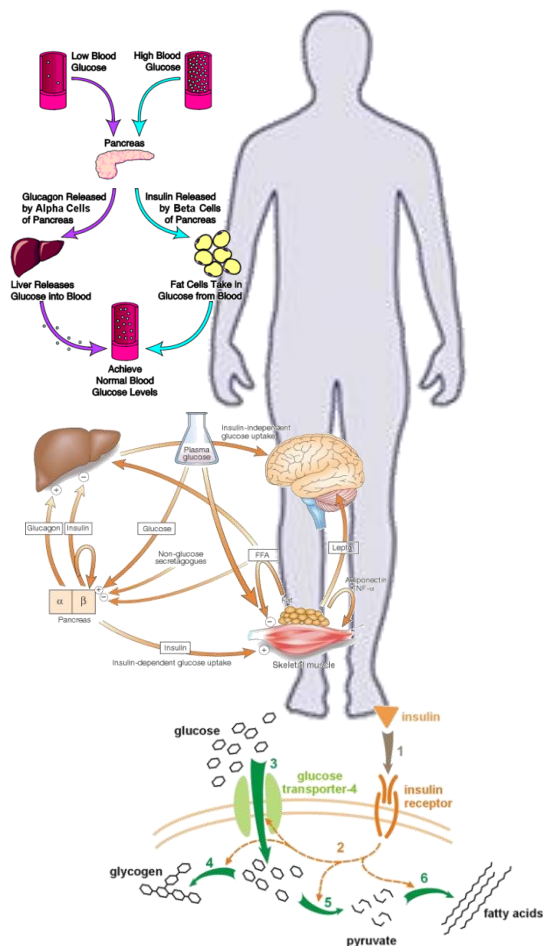
Szoros vércukor szabályozással a mortalitás 25-40%-al csökkenthető.

A fiziológiás rendszer működésének leírása

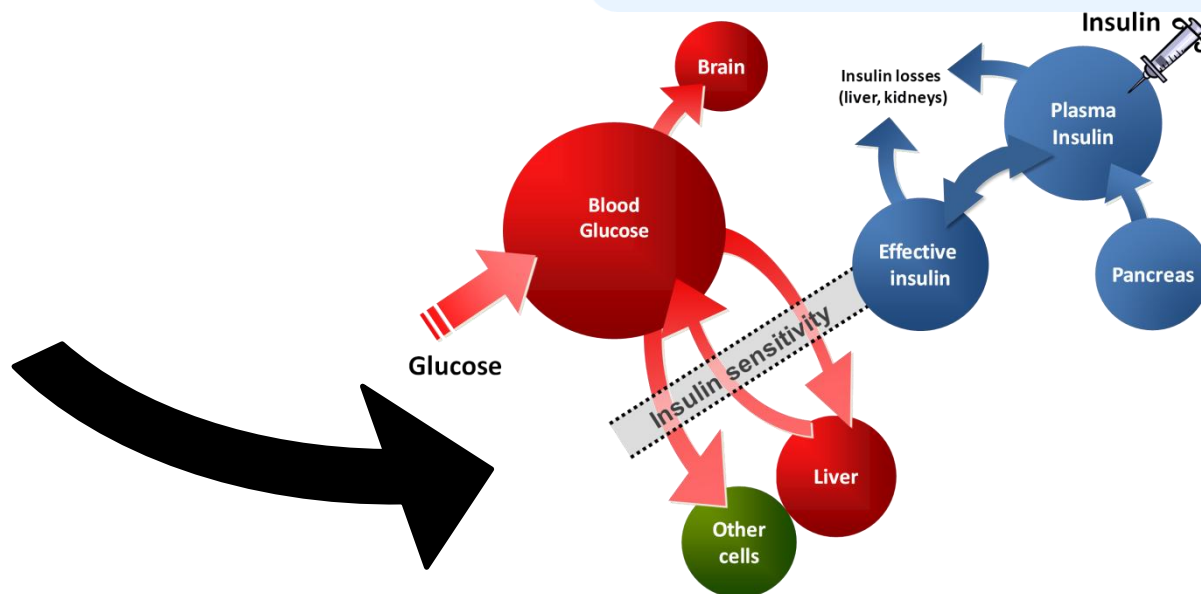


Modell alapú terápia

A fiziológiai rendszert leíró matematikai modell kidolgozása

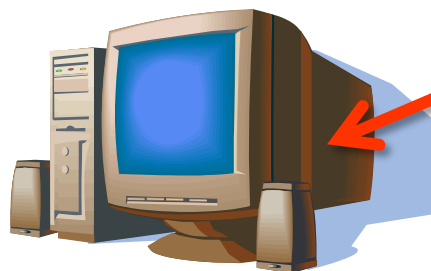
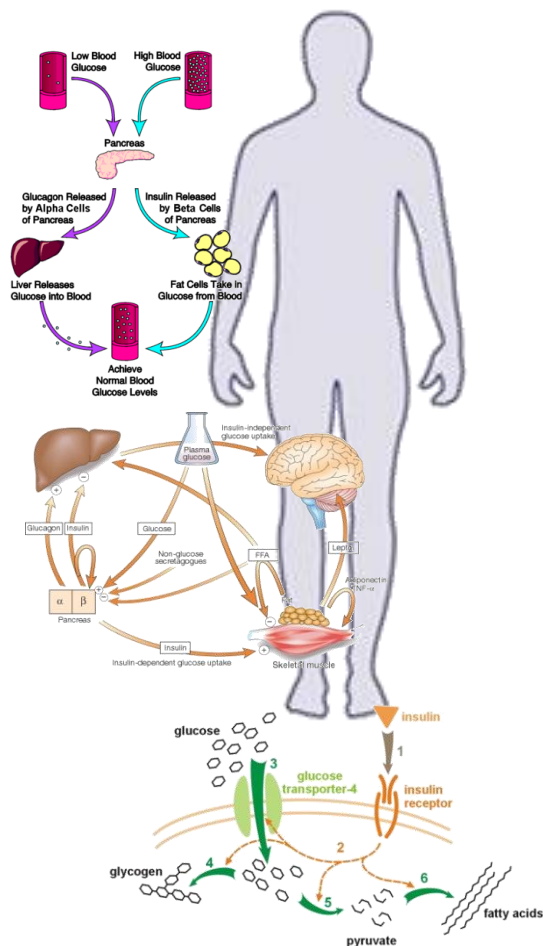


$$\begin{aligned}\dot{G} &= -p_g G(t) - S_I G(t) \frac{Q(t)}{1 + \alpha_G Q(t)} + \frac{\min(d_2 P_2, P_{\max}) + EGP_b - CNS + PN(t)}{V_G} \\ \dot{Q} &= n_I (I(t) - Q(t)) - n_c \frac{Q(t)}{1 + \alpha_G Q(t)} \\ \dot{I} &= -\frac{n_I I(t)}{1 + \alpha_I I(t)} - n_K I(t) - n_I (I(t) - Q(t)) + \frac{u_{ex}(t)}{V_I} + (1 - x_L) \frac{u_m(G)}{V_I}\end{aligned}$$

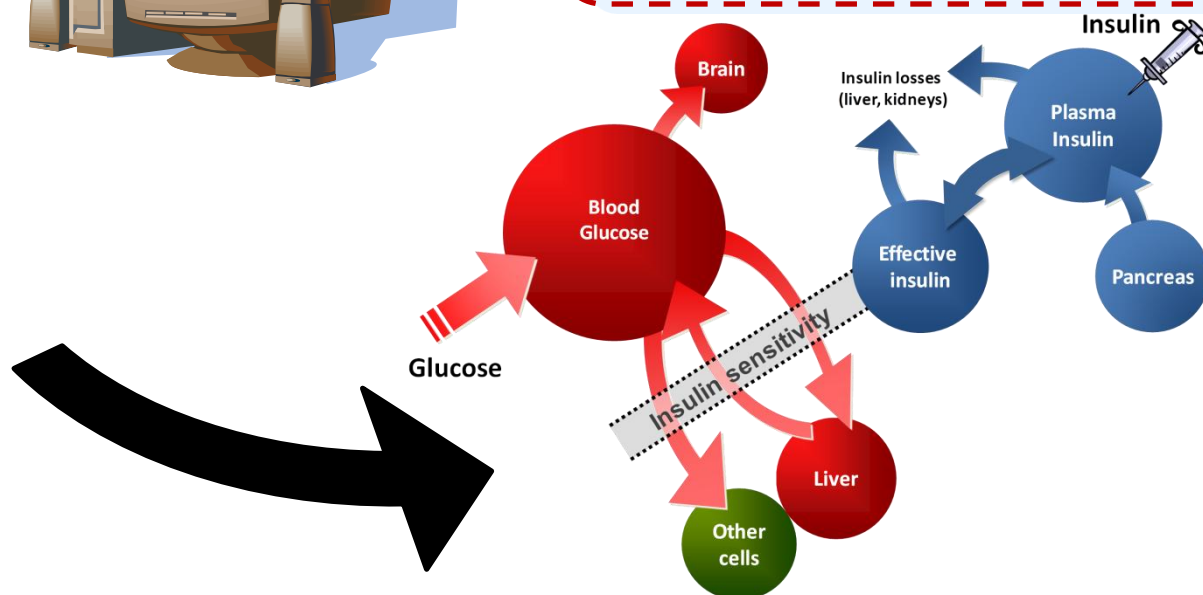


Modell alapú terápia

A modell alapján mérnöki módszerek felhasználásával tervezzük meg és implementáljuk a terápiás módszert.



$$\begin{aligned}\dot{G} &= -p_g G(t) - S_g G(t) \frac{Q(t)}{1 + \alpha_g Q(t)} + \frac{\min(d_2 P_2, P_{\max}) + EGP_b - CNS}{V_g} + PN(t) \\ \dot{Q} &= n_i (I(t) - Q(t)) - n_c \frac{Q(t)}{1 + \alpha_c Q(t)} \\ \dot{I} &= -\frac{n_i I(t)}{1 + \alpha_i I(t)} - n_k I(t) - n_l (I(t) - Q(t)) + \frac{u_{\alpha}(t)}{V_i} + (1 - x_L) \frac{u_m(G)}{V_i}\end{aligned}$$



- **STAR:**
 - Stochastic Targeted Control
- **Előnyök:**
 - Betegenként állítható céltartomány
 - Kockázatok közvetlen kezelése
 - Számítógépes alkalmazás tabletre
 - Egyszerű, felhasználóbarát kezelői felület

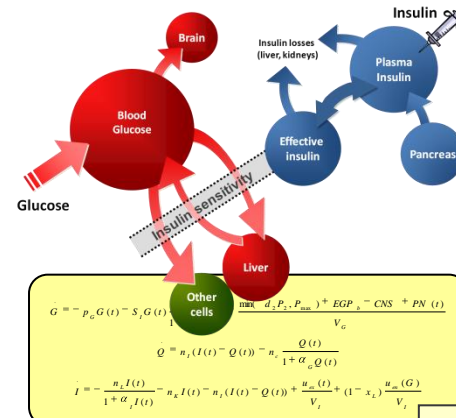




Mért beteg paraméterek



Döntéstámogató rendszer



**Közvetlenül nem
mérhető
betegparaméterek
meghatározása a
döntéstámogatáshoz**

Inzulin szenzitivitás (SI)



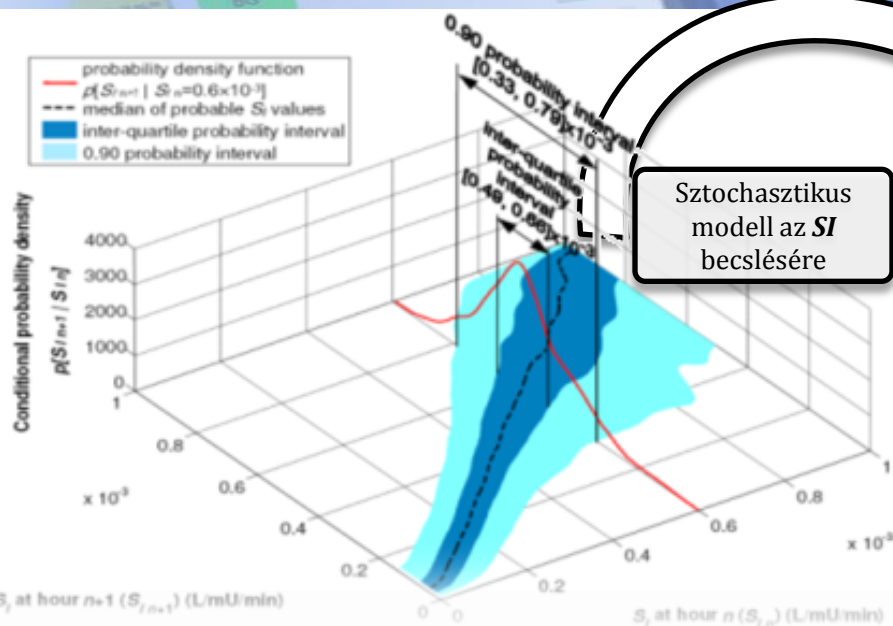
Beteg kezelése



A nővér beállítja a javasolt értékeket a pumpákon

“Nurse-in-the-loop” típusú rendszer. Intenzív terápiában általánosan használt eszközökkel és általános célú számítástechnikai eszközzel megvalósítható.

Modell alkalmazása



Sztochasztikus
modell az SI
becslésére

Insulin sensitivity

Blood glucose

t_{now} $t_{\text{now}} + (1-3)h$

5th, 25th, 50th (median), 75th, 95th
percentile bounds for $S_i(t)$
variation based on current value

SI (határ)értékek

+
ismert inzulin bevitel
+
Rendszer modell
= ...

Jósolt VC értékek:

A beteg várható reakciója!

Blood glucose

Patient response forecast
can be recalculated for
different treatments

BG
[mg/dL]

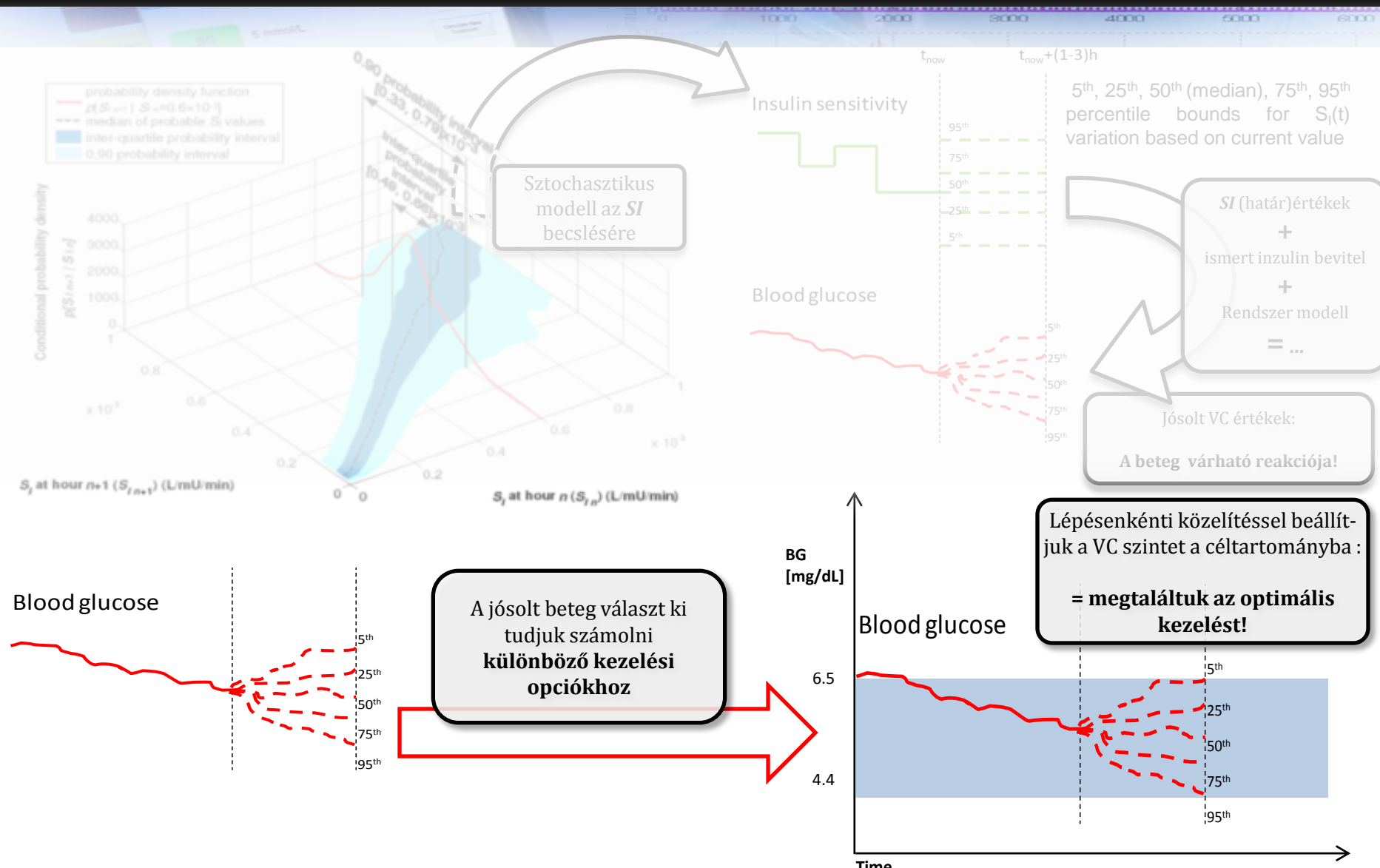
Blood glucose

Iterative process targets this
BG forecast to the range we
want:

= optimal treatment found!

Time

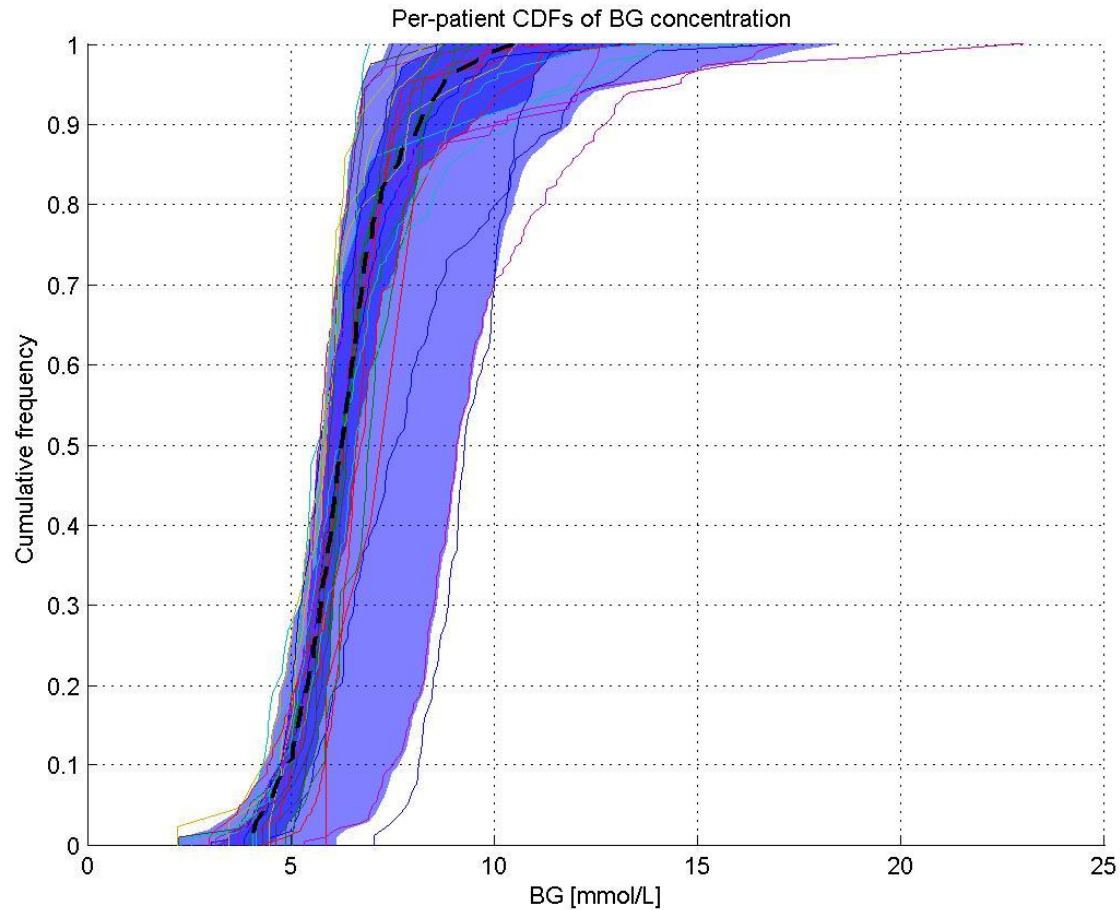
Modell alkalmazása



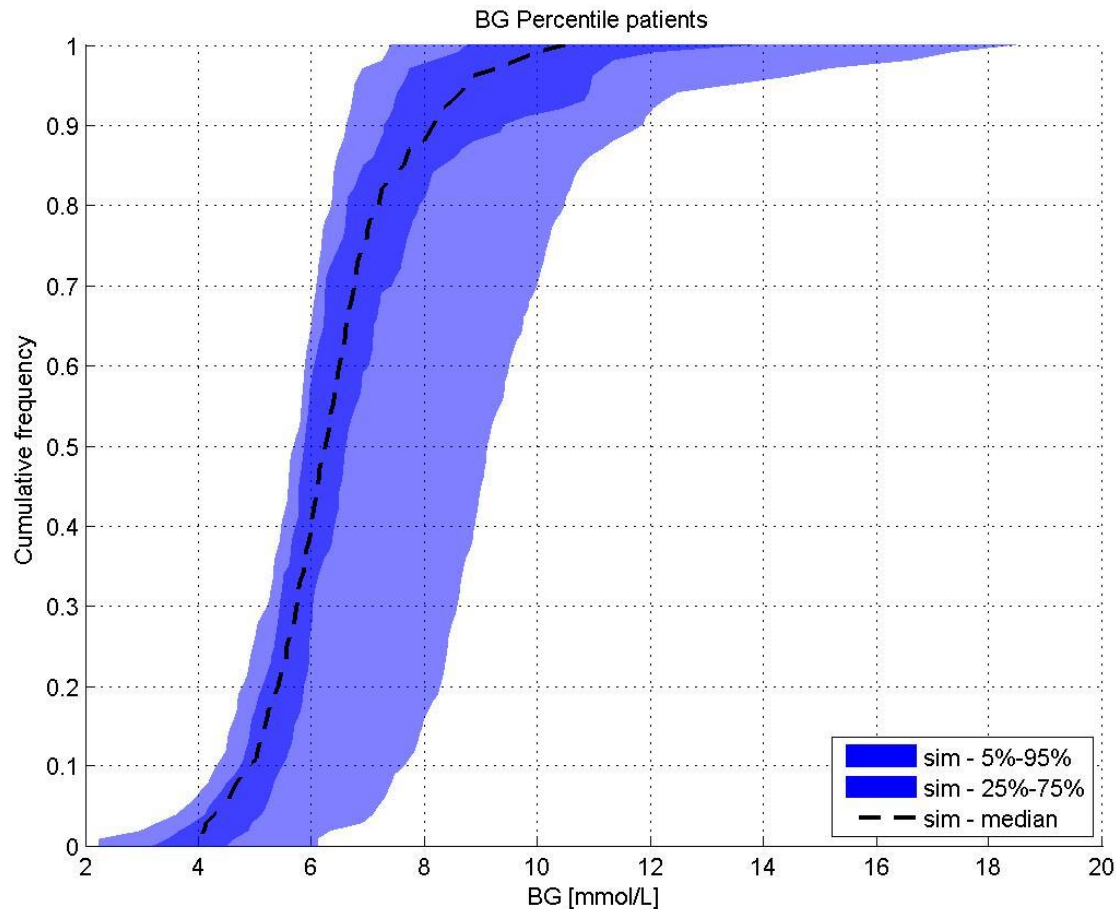
	STAR Chch	STAR Gyula	SPRINT Chch	SPRINT Gyula
# VC mérések száma:	1,486	2,703	26,646	1,088
Mérés/nap:	13.5	12.8	16.1	16.4
VC median [IQR] (mmol/L):	6.1 [5.7 – 6.8]	6.43 [5.7 – 7.4]	5.6 [5.0 – 6.4]	6.30 [5.5 – 7.5]
% VC céltartományban*	89.4	86.8	86.0	76.4
% VC > 10 mmol/L	2.48	6.37	2.0	2.8
% VC < 4.0 mmol/L	1.54	1.73	2.89	1.90
% VC < 2.2 mmol/L	0.0	0.04	0.04	0
# beteg < 2.2 mmol/L	0	1 (érkezésakor hypo)	8 (4%)	0
Median insulin (U/hr):	3	2.6	3.0	3.0
Median glucose (g/hr):	4.9	7.3	4.1	7.4

*4-8mmol/L

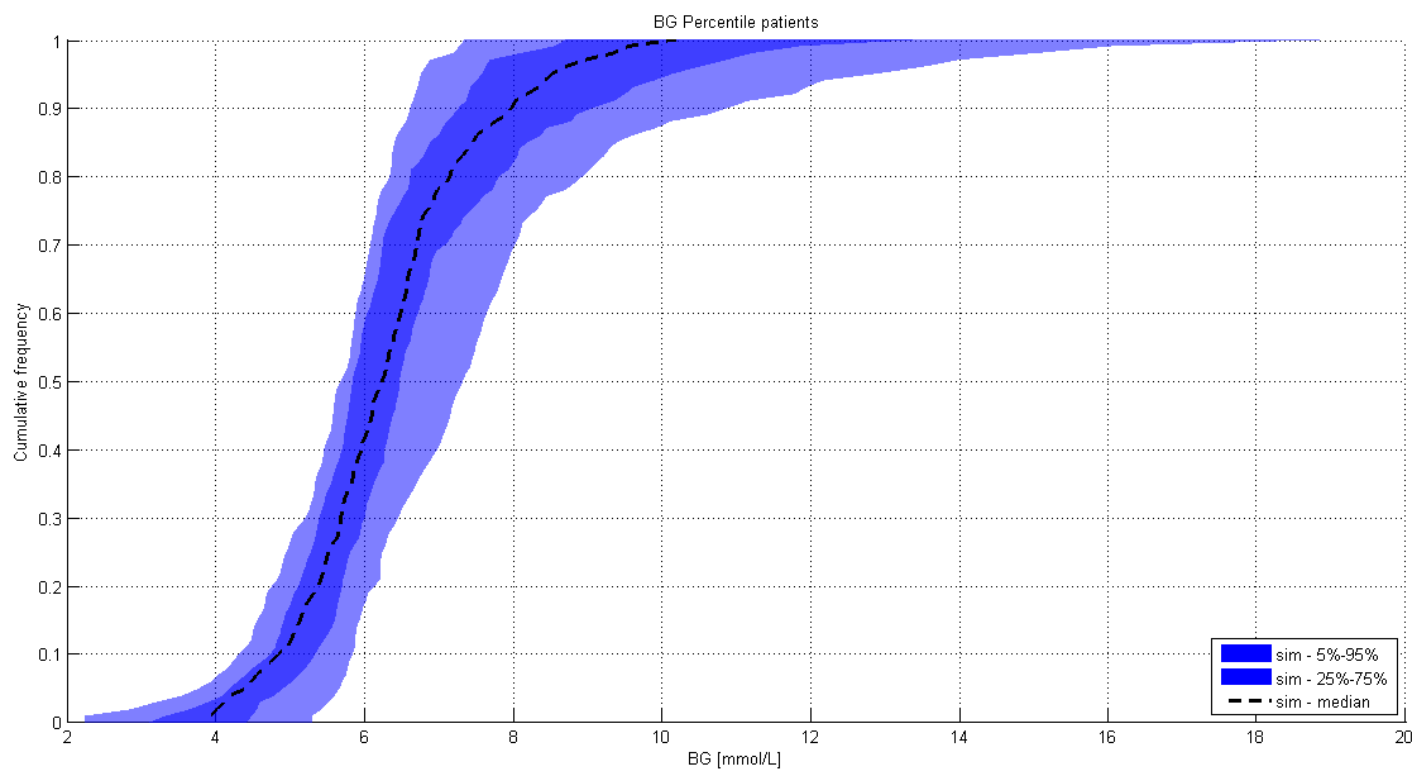
Eredmények: vércukor eloszlás függvény



Eredmények: vércukor eloszlás függvény



Eredmények: outlier-ek nélkül



STAR

- Bizonyítottan sikeres protokoll szoros vércukor szabályozásra
- Rugalmasan állítható a beteg állapotához
- Biztonságos – kockázatok tudatos kezelése
- Egyszerűen kezelhető számítógépes alkalmazás
- Kezelési idő ráfordítás kedvező
- Alkalmazható különböző betegpopulációkon, eltérő körülmények között
 - Új-Zéland, Magyarország, Belgium

■ Betegcsoport specifikus modell kidolgozása

- PLoS ONE 8(2): e57119.

OPEN ACCESS Freely available online

PLOS ONE

Daily Evolution of Insulin Sensitivity Variability with Respect to Diagnosis in the Critically Ill

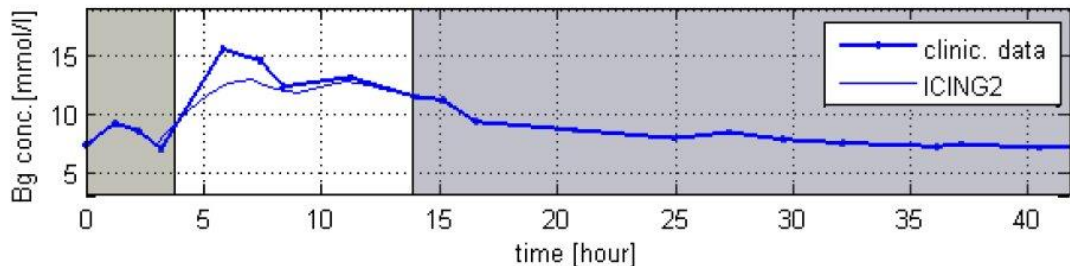
Tamás Ferenci¹, Balázs Benyó¹, Levente Kovács^{1*}, Liam Fisk², Geoffrey M. Shaw³, J. Geoffrey Chase²

■ Táplálási protokollok finomítása

■ STAR hypothermiás betegek kezelése során

■ STAR alkalmazása újszülöttek kezelése során

■ STAR májátültetés alatti alkalmazása





Köszönöm a figyelmet!

Kapcsolat: bbenyo@iit.bme.hu

